

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-040846

(43)Date of publication of application : 12.02.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00  
H01L 21/28  
H01S 3/18

(21)Application number : 09-189834

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 15.07.1997

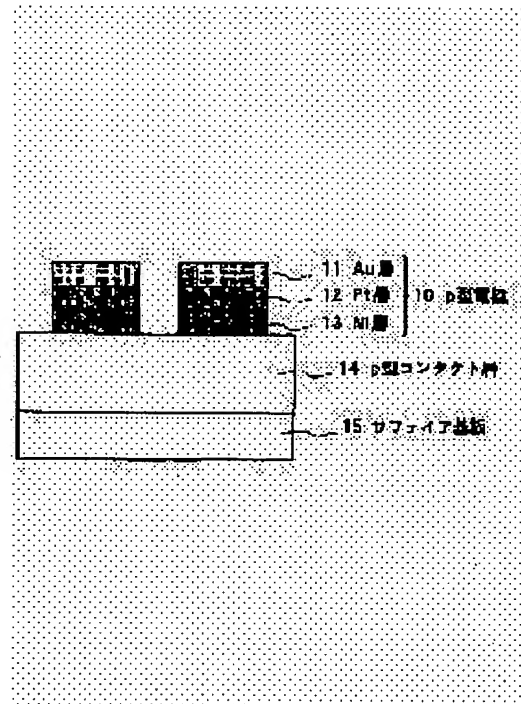
(72)Inventor : HISANAGA YUKIHIRO  
NIDOU MASAOKI

## (54) P-TYPE ELECTRODE OF GALLIUM NITRIDE SEMICONDUCTOR AND MANUFACTURE THEREOF

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a p-type electrode of good characteristics by a method, wherein a metal layer of an alloy which contains a specific metal is provided in contact with a p-type gallium semiconductor, a Pt layer is laminated on the metal layer, and an Au-containing metal layer is laminated thereon.

SOLUTION: A p-type electrode 10 composed of an Ni layer 13, a Pt layer 12, and an Au layer 11 is formed coming into contact with a p-type gallium nitride semiconductor 14 which has been grown on a sapphire substrate 15 and represented by a general formula,  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $x \geq 0$ ,  $y \geq 0$ ,  $x+y \leq 1$ ). A heat-annealing treatment is carried out, so as to prevent Au from diffusing into a p-type contact layer by the Pt layer, whereby the p-type electrode 10 is improved in current-voltage characteristic. An Au layer is formed on the surface of the electrode 10, whereby the electrode 10 is improved in adhesion, when a lead is bonded by welding or a heat sink is welded. With this setup, good contact characteristic can be extracted for an Ni/Cr/Mg electrode as a p-type electrode.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.07.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 17.01.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3299145

[Date of registration] 19.04.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-02323

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 16.02.2001

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-40846

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

E

21/28

3 0 1

21/28

3 0 1 B

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-189834

(22) 出願日

平成9年(1997) 7月15日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 久永 幸博

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 仁道 正明

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

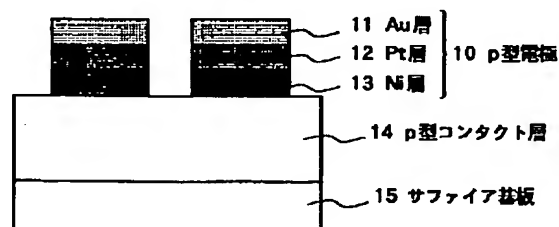
(74) 代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系半導体のp型電極およびその形成方法

(57) 【要約】

【課題】 電極表面のAu層がp型コンタクト層内部に拡散するのを防止することにより、良好なコンタクト特性を有し、かつリードボンドやヒートシンクの融着に優れた窒化ガリウム系半導体のp型電極、及びこの電極を備えた半導体装置を提供する。

【解決手段】 一般式  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $x \geq 0$ ,  $y \geq 0$ ,  $x+y \leq 1$ ) で表されるp型窒化ガリウム系半導体上に接して、Ni、Cr、Mgのそれぞれ単独からなる金属層、あるいはNi、Cr、Mgから選択される少なくとも1種以上を含む合金からなる金属層を有し、さらに該金属層の上にPt層を有し、さらに該Pt層の上にAuを含む金属層が積層された電極構造とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一般式  $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$  ( $x \geq 0, y \geq 0, x+y \leq 1$ ) で表されるp型窒化ガリウム系半導体上に接して、Ni、Cr、Mgのそれぞれ単独からなる金属層、あるいはNi、Cr、Mgから選択される少なくとも1種以上を含む合金からなる金属層を有し、さらに該金属層の上にPt層を有し、さらに該Pt層の上にAuを含む金属層が積層された構造を特徴とする窒化ガリウム系半導体のp型電極。

【請求項2】 p型電極の形成後に熱アニール処理がなされた請求項1記載のp型電極。

【請求項3】 請求項1又は2記載のp型電極を有する半導体装置。

【請求項4】 請求項1又は2記載のp型電極を有するLED素子。

【請求項5】 一般式  $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$  ( $x \geq 0, y \geq 0, x+y \leq 1$ ) で表されるp型窒化ガリウム系半導体上に接して、Ni、Cr、Mgのそれぞれ単独からなる金属層、あるいはNi、Cr、Mgから選択される少なくとも1種以上を含む合金からなる金属層を形成し、さらに該金属層の上にPt層を形成し、さらに該Pt層の上にAuを含む金属層を積層することを特徴とする窒化ガリウム系半導体のp型電極の形成方法。

【請求項6】 Pt層の上にAuを含む金属層を積層した後に熱アニール処理を行う請求項5記載の窒化ガリウム系半導体のp型電極の形成方法。

【請求項7】 熱アニール処理を400～600℃の範囲で行う請求項6記載の窒化ガリウム系半導体のp型電極の形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒化ガリウム系半導体を用いたレーザーダイオード、発光ダイオード等の発光デバイスに係わり、特にp型窒化ガリウム系半導体上の低コンタクト抵抗値を有するp型電極およびその形成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 窒化ガリウム系半導体は、バンドギャップエネルギーが紫外色から青色にかけての波長に対応しており、紫外色から青色にかけての発光ダイオード、レーザーダイオード等の発光デバイスへの応用が期待されている。

【0003】 これら窒化ガリウム系半導体を用いた発光デバイスの動作電圧の低減を実現するためには、p型窒化ガリウム系半導体からなるp型コンタクト層に対して低抵抗のコンタクト特性を得ることが不可欠である。

【0004】 従来、窒化ガリウム系発光デバイスのp型コンタクトは、p型コンタクト層と、Ni、Cr、Mgのそれぞれ単独、あるいはNi、Cr、Mgの中から選択された少なくとも一種以上の金属を含む合金を最下層

とするp型電極構造がよく用いられている。

【0005】 特開平6-275868号公報では、正孔キャリア濃度  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  以上のp型コンタクト層上に、Ni、Crのそれぞれ単独、またはNi-Cr合金、Ni-Au合金、Cr-Au合金からなる電極を形成した後、400～500℃の温度範囲で熱アニールすることによって良好なオーミック特性が得られるとされている(図8)。特に、合金のCr、Niの含有量が多いほど良好なオーミック特性が得られている。

【0006】 また、特開平5-291621号公報ではp型コンタクト層上に、Ni、Au、Pt、Agから選択される1種類の金属、あるいはそれらから成る合金を電極として形成することによりオーミック特性が得られるとされている。これらの金属の中でもNiあるいはPtをp型コンタクト層と密着させ、さらに熱アニール処理を行った場合に良好なオーミック特性が得られている。特にNiベースの電極は、熱アニール処理を行ってもp型コンタクト層から剥がれ落ちにくいという長所がある(図9)。また熱アニール処理を行った場合、Niベースの電極はPtベースの電極よりも、より低いコンタクト抵抗を示す。

【0007】 特開平8-64871号公報では、p型コンタクト層上のp型電極構造として、Mg単独またはMgを含む合金が好ましいとされている(図10)。特に最も良好なオーミック特性を得るためには、MgにNiを含有させた合金、あるいはMgにNiとAuを含有させた合金を用いることが好ましい。さらに、Mg単独あるいはMgを含む合金上にAu層を形成することで、リードボンド融着の際に電極表面との接着力が高まり、デバイスの信頼性が向上するとされている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 以上に述べたようなNi、Cr、Mgのそれぞれ単独、あるいはNi、Cr、Mgの中から選択される少なくとも1種以上を含む合金(以下「Ni/Cr/Mg金属層」という)を最下層とする電極では、リードボンドやヒートシンクへ融着するためには、電極表面にAu層を形成することが必要である。さらに、より良好なコンタクト特性を得るために電極形成後に400℃以上の温度で熱アニール処理を行う必要がある。

【0009】 しかし、熱アニール処理の温度が400℃以上の場合には、熱アニール時にAuがNi/Cr/Mg金属層を貫通してp型コンタクト層内部まで拡散し、p型コンタクト層が高抵抗化する。その結果、Ni/Cr/Mg金属層をp型電極として単独に形成した場合よりも、コンタクト特性が悪化するという問題がある。このことはNi/Cr/Mg金属層の膜厚が薄いほど顕著であり、例えばNi層の膜厚が100Å以下の場合では、熱アニール処理によってコンタクト特性は悪化する傾向を示す。

【0010】さらに、熱アニール時のp型コンタクト層内部へのAuの拡散量は、Ni/Cr/Mg金属層の膜厚や、熱アニール処理の温度に著しく依存するため、p型電極の形成ごとにp型コンタクト層の特性が変化し、再現性が悪かった。

【0011】そこで本発明の目的は、以上のような従来の問題点を解決し、電極表面のAu層がp型コンタクト層内部に拡散するのを防止することにより、良好なコンタクト特性を有し、かつリードボンドやヒートシンクの融着に優れた窒化ガリウム系半導体のp型電極を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記の目的を達成するために種々の検討を重ねた結果、本発明を完成した。

【0013】すなわち本発明は、一般式  $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$  ( $x \geq 0, y \geq 0, x+y \leq 1$ ) で表されるp型窒化ガリウム系半導体上に接して、Ni、Cr、Mgのそれぞれ単独からなる金属層、あるいはNi、Cr、Mgから選択される少なくとも1種以上を含む合金からなる金属層を有し、さらに該金属層の上にPt層を有し、さらに該Pt層の上にAuを含む金属層が積層された構造を特徴とする窒化ガリウム系半導体のp型電極に関する。

【0014】また、本発明は、一般式  $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$  ( $x \geq 0, y \geq 0, x+y \leq 1$ ) で表されるp型窒化ガリウム系半導体上に接して、Ni、Cr、Mgのそれぞれ単独からなる金属層、あるいはNi、Cr、Mgから選択される少なくとも1種以上を含む合金からなる金属層を形成し、さらに該金属層の上にPt層を形成し、さらに該Pt層の上にAuを含む金属層を積層することを特徴とする窒化ガリウム系半導体のp型電極の形成方法に関する。

【0015】このような電極構造においては、Ptは、Ni、Cr、Mgよりも高い融点を有し、電極形成後に行う400℃以上の熱アニール処理に対しても安定であるので、熱アニール時に電極上層のAuがp型コンタクト層内部に拡散するのを防止する。したがって、Auがp型コンタクト層まで拡散することによりp型コンタクト層が高抵抗化することはなく、p型電極としてNi/Cr/Mg電極本来の良好なコンタクト特性を引き出すことができる。さらに、熱アニール処理後のコンタクト特性が、蒸着するNi/Cr/Mg金属層の膜厚や熱アニール処理の温度に著しく依存することがないため、p型電極の形成ごとに安定してコンタクト特性が再現される。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1～図7を参照しながら説明する。

【0017】実施例1

本発明の第1の実施の形態の実施例を図1を参照して説明する。

【0018】まず、サファイア基板15上に成長させたホール濃度  $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  のp型Ga<sub>0.99</sub>N層14 (p型コンタクト層) 上に、p型電極としてNi層13 (厚さ50～500Å)、Pt層12 (厚さ400Å) 及びAu層11 (厚さ1000Å) からなるp型電極10を形成した。各電極は200μm×100μmの長方形であり、200μmの辺を平行に向かい合わせた配置で電極間の距離は20μmとした。

【0019】図2に、Ni層の膜厚が50Åの場合の、450℃で7分間の熱アニール処理後およびこの熱アニール処理前に測定した電流-電圧特性を示す。Ni層の膜厚が50Åと薄いにもかかわらず、Pt層によりAuのp型コンタクト層内部への拡散が防止されているために、熱アニール処理によって電流-電圧特性が改善されていることが分かる。また、従来技術と同様に電極表面にAu層を形成していることにより、リードボンド融着やヒートシンク融着の際に良好な密着性が得られるという利点も保たれている。

【0020】図3は、本発明のp型電極としてNi層/Pt層/Au層 (厚さ:  $d_1/150\text{Å}/1000\text{Å}$ ) 及び従来のp型電極としてNi層/Au層 (厚さ:  $d_2/1000\text{Å}$ ) を用いた場合について、電流-電圧特性の原点近傍における微分抵抗 $R_0$  (以下「コンタクト抵抗 $R_0$ 」とよぶ) のNi層膜厚 $d$ 依存性を示している。熱アニール処理は、450℃で7分で行った。

【0021】図3から分かるように、Ni層の膜厚 $d$ が400Å以上の場合には、いずれの電極構造においても熱アニール処理後にコンタクト抵抗 $R_0$ が減少している。一方、Ni層の膜厚 $d$ が50Åの場合、従来のNi/Au電極では熱アニール時のp型コンタクト層内部へのAuの拡散によりコンタクト抵抗 $R_0$ が上昇しているのに対して、本例のNi/Pt/Auの電極ではPt層によりAuの拡散が防止されるためにコンタクト抵抗 $R_0$ は減少している。このように、Ni/Pt/Au構造の電極を用いることで、より広いNi層の膜厚の範囲において、より良好な電流-電圧特性が熱アニール処理によって得られる。

【0022】さらに図4は、Ni層の膜厚が50Åの場合の、本発明のNi/Pt/Au電極および従来のNi/Au電極のコンタクト抵抗 $R_0$ のアニール温度依存性を示している。熱アニール処理なしのアニール温度は20℃とし、また熱アニール処理はすべて7分で行った。

【0023】図4から分かるように従来のNi/Au電極では、アニール温度の増大とともにコンタクト抵抗 $R_0$ が増大する。これは、Ni層の膜厚が薄く、アニール温度の増大とともにAuのp型コンタクト層への拡散量が増大するからである。600℃の熱アニール処理では電極表面のAuはすべてp型コンタクト層内部に拡散し

て電極パターンが消滅するために、電流-電圧測定は不可能となる。一方、Ni/Pt/Au電極では、Pt層によりAuの拡散が防止されているために、400~600℃の熱アニール処理によってコンタクト抵抗 $R_0$ がアニール処理前より減少していることが分かる。この場合、Ni/Au電極の場合のように、600℃の熱アニール処理でもAuの拡散によって電極パターンが消滅することはない。このようにNi/Pt/Au電極構造を用いることで、より広い熱アニール処理の温度条件でより低いコンタクト抵抗が得られることが分かる。

【0024】なお参考までに、図4には特開平5-291621号公報で記載されているPtベースの電極(Pt/Au電極)のコンタクト抵抗 $R_0$ のアニール温度依存性も示した。Pt/Au電極の場合、Au層がp型コンタクト層内部に拡散するという問題はなく、コンタクト抵抗 $R_0$ はアニール温度の増大とともに減少する傾向を示すけれども、Ni/Pt/Au電極よりも依然高いコンタクト抵抗 $R_0$ を示していることが分かる。

#### 【0025】実施例2

本発明の第2の実施の形態についての実施例を図5を参照して説明する。前記実施例1に記載のp型Ga<sub>0.49</sub>In<sub>0.51</sub>N層14(p型コンタクト層)上に、p型電極としてCr層51(厚さ50Å)、Pt層12(厚さ400Å)及びAu層11(厚さ1000Å)を形成した。各電極は200μm×100μmの長方形であり、200μmの辺を平行に向かい合わせた配置で電極間の距離は20μmである。

【0026】電極形成後には、400~600℃の温度範囲で熱アニール処理を行った。熱アニール処理前と、450℃で7分間の熱アニール処理後に測定した電流-電圧特性は、前記実施例1の図2に示したものとほぼ同じであった。前記実施例1と同様にCrの膜厚が50~500Åの範囲で変化しても、400~600℃の温度範囲の熱アニール処理によって電流-電圧特性が改善されることが分かった。また、従来技術と同様に電極表面にAu層を形成していることにより、リードボンド融着やヒートシンク融着の際に良好な密着性が得られるという利点も保たれていた。なお、Crの代わりにMgを用いても同様の結果が得られた。

#### 【0027】実施例3

本発明の第3の実施の形態についての実施例を図6を参照して説明する。サファイア基板15のc面上にGa<sub>0.49</sub>In<sub>0.51</sub>Nバッファ層68を厚さ200Å、Siドープn型Ga<sub>0.49</sub>In<sub>0.51</sub>N層67(n型コンタクト層)を厚さ2μm、Siドープn型AlGa<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>N層66を厚さ0.15μm、Siドープn型Ga<sub>0.49</sub>In<sub>0.51</sub>N層65を厚さ0.2μm、アンドープInGa<sub>0.49</sub>In<sub>0.51</sub>N活性層64を厚さ200Å、Mgドープp型Ga<sub>0.49</sub>In<sub>0.51</sub>N層63を厚さ0.2μm、Mgドープp型AlGa<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>N層62を厚さ0.15μm、Mgドープp型Ga<sub>0.49</sub>In<sub>0.51</sub>N層14(p型コンタクト層)を厚さ0.5μmで順次、成長

させてLED構造を製作した。

【0028】次に、ドライエッチングによりn型電極を形成すべきn型コンタクト層67を部分的に露出させた後、n型コンタクト層67上にはn型電極69としてTi層およびAl層の2層構造を形成した。

【0029】p型電極61は、p型コンタクト層14上にNi層(厚さ50Å)/Pt層(厚さ150Å)/Au層(厚さ2000Å)を形成して構成した。このp型電極の形成後、450℃で7分間の熱アニール処理を行い、p型電極の低抵抗化を行った。

【0030】以上の手順により作製したLED素子の熱アニール処理前と熱アニール処理後の電流-電圧特性をそれぞれ図7に示す。電流値60mAにおける微分抵抗は、熱アニール処理前では12.5Ω、熱アニール処理後では7.9Ωであり、熱アニール処理によってLED素子全体の電流-電圧特性が改善された。これは熱アニール処理によりp型コンタクトの特性が改善されたからである。この場合、Pt層がAuのp型コンタクト層内部への拡散を防止しているためにp型コンタクトの特性は悪化することではなく、LED素子の電流-電圧特性は安定して再現される。

【0031】一方、p型電極として従来構造のNi層(50Å)/Au層(2000Å)を採用した場合は、熱アニール処理によってLED素子全体の電流-電圧特性は悪化した。これは、熱アニール処理によってAuがp型コンタクト層内部へ拡散してp型コンタクト層が高抵抗化し、p型コンタクトの特性が悪化するからである。

#### 【0032】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明によれば、Ptの融点は、Ni、Cr、Mgより高く、電極形成後に行う400℃以上の熱アニール処理に対しても安定であるので、熱アニール時に電極最上層のAuがp型コンタクト層内部に拡散するのを防止できる。したがって、Auの拡散によってp型コンタクト層が高抵抗化することではなく、p型電極としてNi/Cr/Mg電極本来の良好なコンタクト特性を引き出すことができる。また、熱アニール処理後のコンタクト特性が、Ni/Cr/Mg金属層の膜厚やアニール温度に著しく依存することがなく、p型電極の形成ごとに安定してp型コンタクトの特性が再現される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のp型電極の概略断面図である。

【図2】本発明のp型電極の電流-電圧特性を示す図である。

【図3】本発明のp型電極および従来のp型電極のコンタクト抵抗 $R_0$ のNi膜厚d依存性を示す図である。

【図4】本発明のp型電極および従来のp型電極のコンタクト抵抗 $R_0$ のアニール温度依存性を示す図である。

【図5】本発明のp型電極の概略断面図である。

7

【図6】本発明のp型電極を採用したLED素子の概略断面図である。

【図7】本発明のp型電極を採用したLED素子の電流-電圧特性を示す図である。

【図8】従来のp型電極としてNiあるいはCrの単層を採用した試料の概略断面図である。

【図9】従来例のp型電極としてNi単層を採用した試料の概略断面図である。

【図10】従来例のp型電極としてMg単層あるいはMgを含む合金を採用した試料の概略断面図である。

【符号の説明】

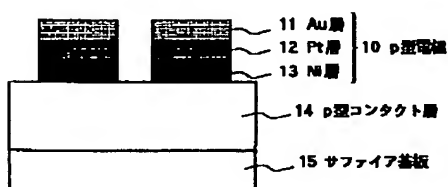
- 10 p型電極  
11 Au層  
12 Pt層  
13 Ni層  
14 p型コンタクト層

10

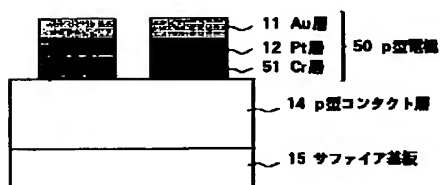
- 15 サファイア基板  
50 P型電極  
51 Cr層  
61 Ni/Pt/Au-p型電極  
62 p型AlGaIn層  
63 p型GaIn層  
64 InGaIn活性層  
65 n型GaIn層  
66 n型AlGaIn層  
67 n型コンタクト層  
68 GaNバッファ層  
69 Ti/Al-n型電極  
81 Ni/Cr含有層  
91 Niベース電極層  
101 Mg単独/Mg含有合金電極層

8

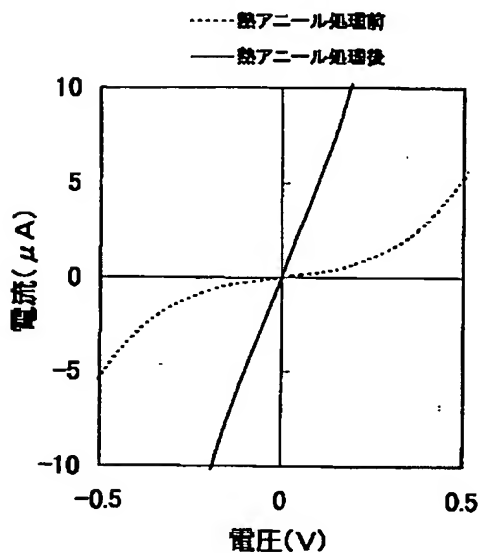
【図1】



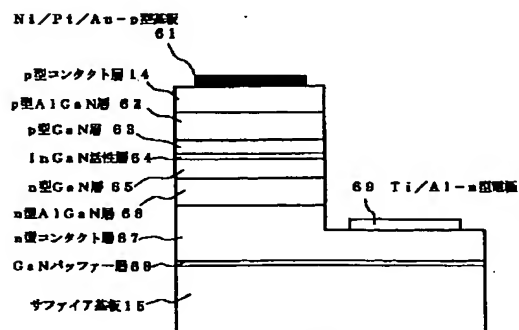
【図5】



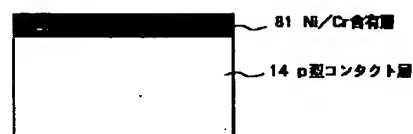
【図2】



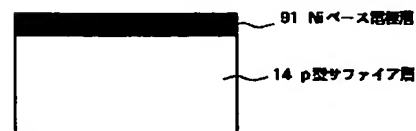
【図6】



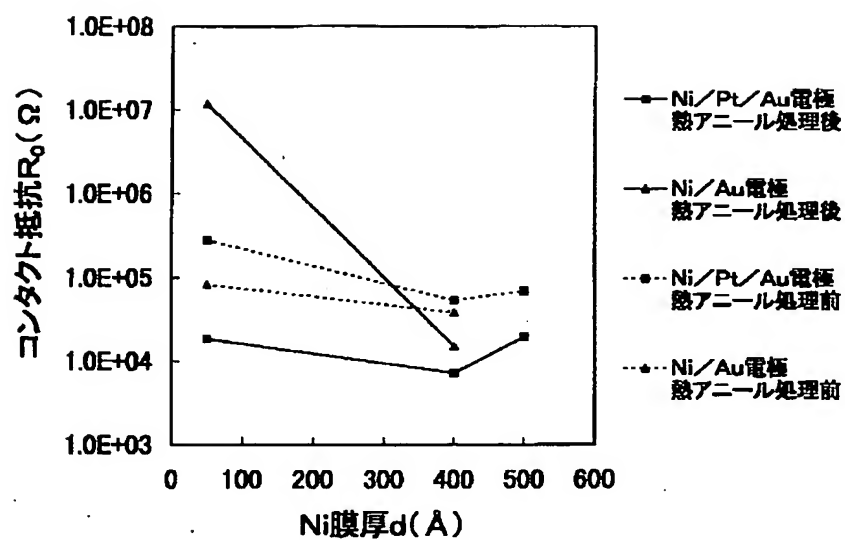
【図8】



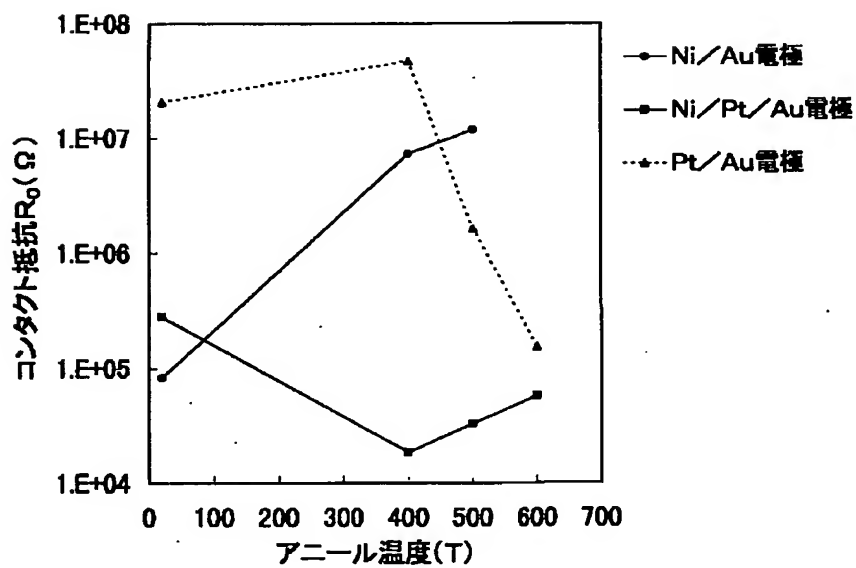
【図9】



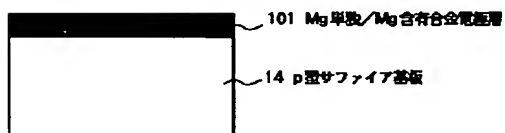
【図3】



【図4】



【図10】



【図7】

